

УДК 538.911

АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ТЕЛЛУРИДА ВИСМУТА ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

Александр Евгеньевич Шупенев⁽¹⁾, Юрий Михайлович Миронов⁽²⁾

Магистрант 1 года⁽¹⁾, аспирант⁽²⁾,

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»,

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Мисюров⁽¹⁾,

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в
машиностроении»,*

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Современные тенденции миниатюризации в электронике и технике приводят к необходимости поиска новых способов обеспечения эффективного теплоотвода, предъявляя особые требования к конструкции теплоотвода. Современным и эффективным решением во многих областях является применение термоэлектрических модулей, основанных на эффекте Пельтье. Полупроводниковые материалы на основе теллурида висмута Bi_2Te_3 широко используются в термоэлектрических преобразователях энергии, холодильниках, термостатах благодаря высоким значениям термоэлектрической эффективности [1]. В современных твердотельных термоэлектрических преобразователях энергии используются преимущественно объемные материалы. Интерес к тонким и сверхтонким пленкам указанных полупроводников обусловлен перспективами создания миниатюрных устройств с более высокими функциональными возможностями. Локальное охлаждение или нагревание происходит приблизительно в $2 \cdot 10^4$ раз быстрее, чем в устройствах, созданных на основе объемных материалов [2].

Метод импульсного лазерного осаждения выгодно отличается от термических методов непрерывного осаждения тонких пленок полупроводников. Наличие большой доли возбужденных атомов и ионов позволяет понизить температуру эпитаксиального роста, а высокая скорость образования зародышей позволяет осаждать чрезвычайно тонкие сплошные пленки (единицы нанометров). Кроме того, можно достаточно точно контролировать толщину пленки количеством лазерных импульсов. [2].

Целью данной работы являлось получение тонких термоэлектрических пленок теллурида висмута на кремниевой монокристаллической подложке и анализ морфологии поверхности полученных пленок. Выявление зависимостей при формировании гетероэпитаксиальных структур, а также выдвижение предположений о причинах наблюдаемых эффектов производится с целью проведения дальнейших работ в области совершенствования конструкций термоэлектрических модулей.

Для осаждения использовалось оборудование технологического комплекса Нанофаб-100 на основе Kr-F лазера с длиной волны 248 нм. Использовались мишени из прессованного Bi_2Te_3 р-типа и подложки из монокристаллического кремния высокой чистоты. Энергетика лазерного излучения изменялась от 50 мДж до 250 мДж, длительность импульса составляла 30 нс, частота обработки 4 Гц, пятно обработки размером порядка 1мм, общее количество импульсов 25000 для каждого образца. Температура нагревателя подложки менялась от 20⁰С до 800⁰С. Изменялось также расстояние между подложкой и мишенью от 15 до 50 мм. Для изучения рельефа поверхности тонких пленок использовались сверхвысоковакуумный сканирующий

зондовый микроскоп JEOL JSPM 4610 и зондовый микроскоп Ntegra Spectra. По результатам измерений толщина осажденного слоя составляла от 22 нм до 208 нм. Зависимость толщины слоя от режима обработки имеет экстремальный характер. Значение средней шероховатости поверхности пленки изменялось от 2 нм до 18 нм.

Литература

1. *Б.М. Гольцман, В.А. Кудинов, И.А. Смирнов.* Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 . М.: Наука, 1972.
2. *И.С. Вирт [и др]* Физика и техника полупроводников. /Осаждение тонких пленок Bi_2Te_3 и Sb_2Te_3 методом импульсной лазерной абляции, 2010. т.44.